

Identificación de áreas susceptibles a inundaciones en el municipio de Pereira mediante análisis de datos cartográficos y técnicas de modelación espacial para poder priorizar acciones de mitigación y planificación territorial

Jesus David Montenegro Meneses jdmontenegrom@unadvirtual.edu.co

Yonatan Javier Meneses Chamorro yjmeneses@unadvirtual.edu.co

Claudio Leandro Chamorro clchamorro@unadvirtual.edu.co

Juan Carlos Chalacan Guaranguay jcchalacang@unadvirtual.edu.co

Mario Fernando Jimenez Grijalba mfjimenezgr@unadvirtual.edu.co

Tutor:

Rolando Santos Santos rolando.santos@unad.edu.co

Resumen

El estudio analiza el riesgo de inundación en el municipio de Pereira mediante herramientas SIG y análisis multicriterio para generar productos cartográficos digitales. La metodología incluye recolección y procesamiento de datos vectoriales y ráster, análisis espacial, ponderación de variables y elaboración de un mapa temático (Figura 3). Se emplean insumos como modelos digitales de elevación, redes hidrográficas, uso del suelo y registros de precipitación, complementados con cartografía oficial. El análisis integra variables como pendiente, proximidad a cauces, cobertura y acumulación de flujo, con ponderaciones que revelan áreas vulnerables.

Los resultados identifican zonas de riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, concentradas principalmente en el sector oriental y en áreas de baja pendiente, donde la acumulación de agua resulta probable. El producto final consiste en un mapa temático de riesgo (Figura 3) y una tabla de clasificación (Tabla 2), insumos útiles para la gestión del riesgo y la planificación territorial. La distribución de áreas por categorías (Tabla 4) orienta la toma de decisiones públicas y fortalecen la resiliencia urbana frente a eventos hidrometeorológicos extremos.

Palabras claves: Zonas de riesgo; SIG; análisis multicriterio; Pereira.

Introducción

El cambio climático ha intensificado la frecuencia y severidad de eventos hidrometeorológicos extremos, con mayor riesgo de inundaciones en áreas urbanas. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021) indica que el aumento de la temperatura global incrementa la capacidad de la atmósfera para retener humedad, generando precipitaciones más intensas. NASA (2021) y Climate Central (2024) confirman que, por cada grado de calentamiento, la atmósfera puede contener entre un 4 % y 7 % más de vapor de agua, esto se traduce en lluvias torrenciales y desbordamientos fluviales. En Colombia, el Banco Mundial (2023) advierte que fenómenos como La Niña exacerban estas condiciones, aumentando la vulnerabilidad de ciudades como Pereira frente a inundaciones.

En Pereira, la importancia del estudio de inundaciones se evidencia en los impactos recientes: en junio de 2025, la Alcaldía declaró calamidad pública tras registrar 56 emergencias y 153 viviendas afectadas por lluvias extremas (Alcaldía de Pereira, 2025). Estas afectaciones comprometen la seguridad de la población, la infraestructura urbana y las actividades productivas, especialmente en zonas bajas cercanas al río Otún, como lo señala el Plan de Ordenamiento Territorial (Camacol, 2025). Ante este panorama, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como herramientas esenciales para la evaluación del riesgo y la toma de decisiones territoriales, al permitir integrar datos topográficos, hidrológicos y climáticos en análisis espaciales que facilitan la generación de mapas temáticos y estrategias de mitigación (Amatebelle et al., 2025; Cheng Yang, 2024)

El propósito del estudio es aplicar un modelo de análisis multicriterio en SIG para generar el mapa de riesgo de inundación de Pereira e interpretar las zonas críticas, con el fin de apoyar la planificación territorial y la gestión del riesgo. La metodología y el flujo de trabajo se sintetizan en la Figura 1.

Objetivos General

- Analizar espacialmente los riesgos de inundación en el municipio de Pereira mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la aplicación ArcGIS, con el fin de identificar zonas críticas y aportar información técnica para la formulación de estrategias de ordenamiento agroambiental del territorio.

Objetivos Específicos

- Procesar la información espacial relacionada con inundaciones y convertirla a formato ráster para la identificación de las zonas de riesgo en el municipio de Pereira.
- Clasificar las áreas identificadas según niveles de riesgo de inundación (bajo, medio y alto), representándolas mediante categorías de color para facilitar su interpretación.
- Analizar la distribución espacial de las zonas de riesgo de inundación en Pereira y sus posibles impactos sobre las comunidades, los sistemas productivos, la infraestructura y el componente ambiental.

Identificación del Caso de Estudio

El municipio de Pereira se encuentra en el centro oriental occidental en el valle de la cordillera central ubicado en una zona vialmente con puntos de salida del territorio nacional, marítimos y aéreos. Cuenta con diferentes pisos térmicos como cálidos de 900/ msnm y fríos de 5000 msnm presentando diversidad de alternativas agrícolas y ganaderas. La ciudad de Pereira se encuentra a una altura promedio de 1.411 msnm y cuenta con una temperatura promedio de 21 °C, el área urbana se ha desarrollado a orillas del río Otún, consota y la quebrada el oso, Según secretaria rural (2025), en estas veredas habitan 72.315 personas y la extensión geográfica municipal tiene una extensión de 604 km², de los cuales 572 km² corresponden al área rural”(p.1), en la zona urbana del municipio de Pereira la población se encuentra situada en 19 comunas a saber: Boston, Centro, Consota, Cuba, Del Café, El Jardín, El Oso, El Poblado, El Rocío, Ferrocarril, Olímpica, Oriente, Perla del Otún. Río Otún, San Joaquín, San Nicolás, Universidad, Villa Santana, Villavicencio. La zona rural del ente territorial comprende los siguientes 12 corregimientos: Puerto Caldas, Cerritos, Morelia, Altagracia, Arabia, La Bella, Tribunas, Córcega, La Florida, Cambia Alta, Cambia Baja, Caima lito, Estrella La Palmilla. (Secretaría de Desarrollo Rural de Pereira, 2021, p.56,86). En características climáticas como lluvias la Alcaldía declaró calamidad pública en junio de 2025 debido a 56 incidentes y 153 viviendas afectadas debido a deslizamientos e inundaciones, muchos de ellos localizados en zonas como Combia Baja, Altagracia y el sector de la Comuna Olímpica, lugares que nuevamente coinciden con áreas clasificadas en riesgo alto dentro del presente modelo (Alcaldía de Pereira, 2025b). A esto se suma que, durante mayo de 2025, la ciudad registró 7 movimientos en masa, 4 inundaciones y otros eventos asociados a temporada de lluvias, afectando a 77 viviendas y 213 personas, especialmente en zonas cercanas a quebradas, laderas y terrenos inestables (Alcaldía de Pereira, 2025c). Estas condiciones también coinciden con sectores donde el mapa muestra riesgo alto y muy alto.

Metodología

Se aplicó un análisis espacial multicriterio para identificar zonas con susceptibilidad a inundaciones, a partir de variables cartográficas y procedimientos de geoprocésamiento en ArcGIS Pro. El flujo metodológico se describe en la Figura 1.

Aplicación de capas

Organizar y recopilar capas geográficas según los procesos de la guía con el fin de obtener como resultado los mapas de riesgo y así poder desarrollar el análisis

- MDE modelo de elevación del terreno
- las distancias de la red hídrica y los de drenajes
- pendientes del terreno
- forma y cobertura de los relieves

Clasificación de variables

- las zonas clasificadas según sus características asignándoles un Rango en su distribución según el riesgo
- 1 y 2 valores que identifican riesgos de nivel bajo o zonas no susceptibles de inundación
- 4 y 5 este Rango fue asignado para regiones con mayor susceptibilidad de inundaciones identificando un riesgo crítico

Simbología

Se ajusta y Configura este parámetro con el fin de obtener los colores establecidos en la guía de un riesgo crítico a un riesgo de nivel bajo facilitando la interpretación del mapa de Pereira

Podemos afirmar que la metodología se efectuó de una manera analítica y técnica apoyados en software de sistemas de información geográfica en este caso ARCGIS Pro cargando mapas bases y generando capas sobre el municipio de Pereira con el fin de obtener un ráster de riesgo por inundación y como grupo realizar un análisis del resultado.

Proceso

Esta capa ráster se convierte en una capa vectorial mediante la herramienta ráster a polígono dando como resultado la capa polígono en la cual podemos observar los distintos rangos y características de las zonas de riesgo, así mismo para obtener una mejor calidad en el resultado cartográfico aplicamos el geoproceso suavizar polígono con el cual buscamos corregir algunas anomalías geométricas en la capa de polígonos.

Se continuó con la aplicación de herramientas de geoprocesamiento y se utilizó la herramienta Dissolve con el fin de agrupar las zonas en el mapa y caracterizarlas por colores, identificando el riesgo que representa cada una. La clasificación de riesgos asignada a cada zona se realizó siguiendo las indicaciones de la guía de actividades y los colores establecidos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Para deducir y calcular las áreas de cada zona y el riesgo asignado, se empleó la herramienta Cálculo Geométrico, mediante la cual se obtuvieron los valores en kilómetros cuadrados correspondientes a cada zona y la categoría de riesgo en que se encuentra clasificada.

Finalmente, los resultados se organizan en la tabla para poder observar desde un punto agroambiental el impacto que puede generar sobre la comunidad, estructura, los sistemas productivos, ecosistemas presentes en las zonas críticas.

Resultados

El ejercicio de modelación permitió obtener el mapa vectorial de riesgo por inundación del municipio de Pereira, estructurado en cinco clases cualitativas: riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto (Tabla 2). El resultado final presenta una distribución espacial heterogénea, donde las zonas más críticas se concentran principalmente hacia el sector oriental del municipio, mientras que las áreas con menor nivel de amenaza se ubican en sectores del centro-occidente y en zonas altas con pendientes más pronunciadas.

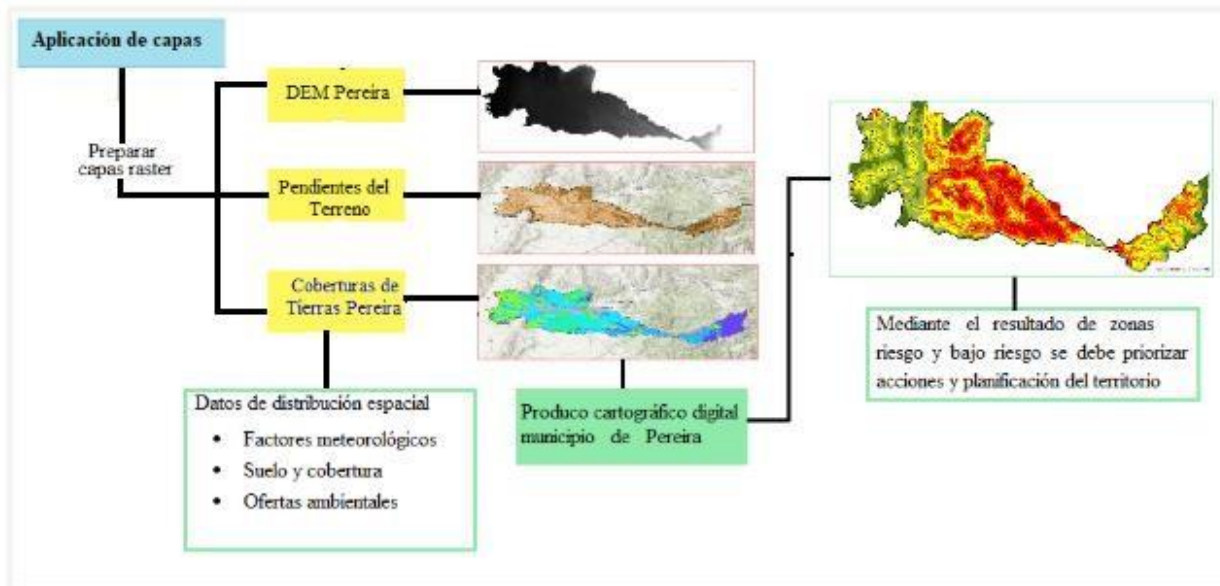
La distribución espacial del riesgo muestra un patrón claro que se relaciona directamente con la topografía del municipio y la presencia de ríos y quebradas que atraviesan varias zonas pobladas. Al observar la tabla 4, se nota que los niveles medio, alto y muy alto concentran la mayor parte del territorio. Las áreas más amplias corresponden al riesgo medio, con 167,27 km², seguido del riesgo alto, con 153,35 km². Esto deja en evidencia que buena parte del municipio presenta condiciones que favorecen acumulación de agua, escorrentía superficial y posibles desbordamientos durante temporadas de lluvia fuerte.

En contraste, los niveles muy bajo y bajo representan 59,25 km² y 136,01 km², respectivamente. Estas zonas suelen ubicarse en sectores más elevados o con pendientes pronunciadas, donde la probabilidad que el agua se estanque es menor.

El mapa también permite ver las zonas críticas asociadas a corredores hídricos y planicies donde el suelo se satura con facilidad. Esto concuerda con la Alcaldía de Pereira que ha reportado en múltiples ocasiones, especialmente en temporadas de lluvias intensas. Por ejemplo, sectores como Villa Santana, Altagracia, Monserrate, El Otoño, Danubio, Intermedio, Margaritas y Remanso han presentado afectaciones recientes relacionadas con vendavales, inundaciones y movimientos en masa, según los registros oficiales de la Dirección de Gestión del Riesgo de Pereira – DIGER (Alcaldía de Pereira, 2025a). Estos puntos coinciden con áreas donde el modelo identifica condiciones de riesgo alto o muy alto, confirma que los resultados se ajustan a las problemáticas reales que vive el municipio.

Figura 1.






Método utilizado para la modelación del riesgo en ArcGIS Pro-Fase 4 y Fase 6.



Nota: se presenta los diferentes pasos que se realizaron para obtener la modelación de riesgo de inundación municipio de Pereira. **fuente:** autoría propia. (2025).

Tabla 2.

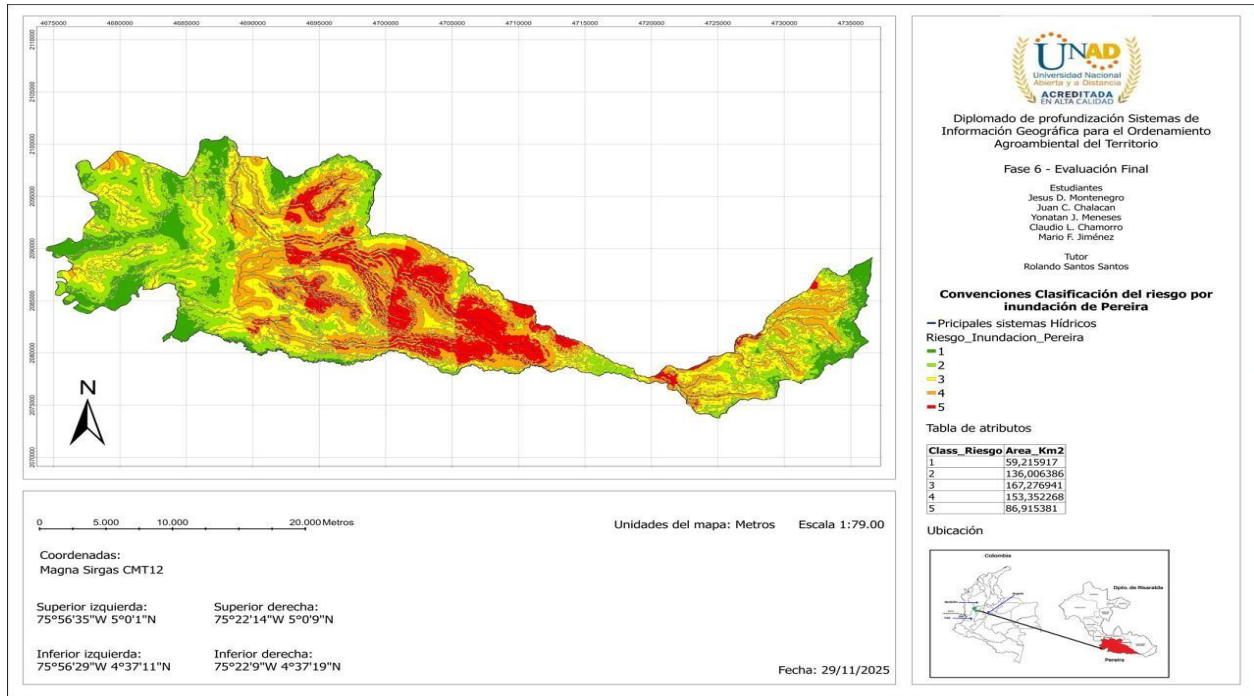
Clasificación del riesgo por inundación.

clasificación Cualitativa	Valores	simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Fuente. Adaptado de la guía y rubrica de evaluación – fase 4 modelación agroambiental del territorio UNAD, (2025).

Figura 3.

Mapa de riesgo por inundación de Pereira.



Nota: representa el municipio de Pereira donde se muestra la clasificación del riesgo por inundación.

Fuente: Autoría propia, (2025).

Tabla 4.

Áreas por categoría de riesgo con información del área en km² para cada clase de riesgo cualitativa.

Clase de riesgo	Área (km ²)
1 - Muy bajo	59,22
2 - Bajo	136,01
3 - Medio	167,28
4 - Alto	153,35
5 - Muy alto	86,92

Fuente: Autoría propia, (2025).

Conclusiones

En el municipio, la relación entre las zonas de menor elevación, la proximidad a los drenajes y las pendientes suaves con las áreas críticas es notable. El modelo determinó que las categorías de riesgo medio, alto y muy alto cubren la mayor parte del territorio (Tabla 4), lo cual evidencia que un amplio sector del municipio tiene condiciones ambientales y físicas que pueden causar acumulación de agua, escorrentía superficial y desbordamientos en épocas de lluvias fuertes.

Para incorporar variables medioambientales, climáticas y físicas en la evaluación de riesgo, el empleo de los Sistemas de Información Geográfica y del análisis multicriterio fue conveniente y eficaz. La técnica posibilitó establecer un proceso organizado para la reclasificación, ponderación y superposición de factores como red hídrica, uso del suelo, precipitación y pendiente, produciendo un mapa final que ilustra de forma analítica y visual el comportamiento del riesgo. La concordancia entre los resultados logrados y los registros de la administración del riesgo a nivel municipal evidencia la utilidad de los SIG como instrumento técnico para el diagnóstico territorial.

Los resultados logrados proporcionan insumos útiles para guiar la gestión de riesgos y la planificación territorial en el municipio. Las áreas categorizadas con alto y muy alto riesgo requieren medidas prioritarias, como intervención en drenajes, control de ocupación en rondas hídricas, fortalecimiento de obras de mitigación y vigilancia continua a las comunidades que se encuentran en zonas vulnerables. Además, el mapa creado es un primer insumo para la toma de decisiones institucionales, la elaboración de planes de ordenación y la disminución de futura afectaciones relacionadas con eventos hidrometeorológicos, en particular en zonas donde la presión urbanística y los movimientos poblacionales incrementan el riesgo

Recomendaciones

En riesgo medio, se debe manejar preventivamente las alertas de sistema temprano y la participación ciudadana mediante planes de emergencia y contingencia. Las áreas de alto riesgo, correspondientes a las clases 4 y 5, con un área de 240,27 km², se caracterizan por ser elevaciones bajas y cercanas a los cauces, lo que genera una escorrentía frecuente y una amenaza constante de inundación; por ello, las entidades gubernamentales y la comunidad deben presentar propuestas para implementar soluciones anticipadas. Por otro lado, los datos obtenidos de áreas de bajo y muy bajo riesgo, con un total de 195,23 km², permiten identificar zonas mejor drenadas, situadas en mayor elevación y con mejor capacidad de filtración. La categoría de riesgo medio, con 167,28 km², corresponde a zonas que presentan riesgo durante lluvias intensas; por lo tanto, es esencial realizar un manejo preventivo. Según el plan de ordenamiento territorial (POT) establece que debe respetarse la franja protectora forestal en los ríos y quebradas, mantener una distancia mínima de 5 metros entre el Jarillón y el cauce, y prohibir cualquier tipo de edificación en esa zona. Además, se plantean acciones de prevención, manejo de taludes, control de corrientes hídricas y monitoreo de obras para reducir el riesgo de inundación. (Concejo de Pereira, 2011, p. 212)

Referencias Bibliográficas

- Aerocivil. (s. f.). Aeronáutica civil. Aerocivil. <https://www.aerocivil.gov.co/>
- Alcaldía de Pereira. (2020). Plan de desarrollo municipal de Pereira: “Gobierno de la ciudad capital del eje” 2020–2023 [PDF]. Pereira: Alcaldía de Pereira.
<https://www.pereira.gov.co/documentos/24/plan-de-desarrollo-2020-2023/>
- Alcaldía de Pereira. (2022d, 18 de mayo). Ubicación geográfica de Pereira.
<https://www.pereira.gov.co/portaldeninos/publicaciones/5169/ubicacion-geografica-de-pereira/>
- Alcaldía de Pereira. (2025a, 27 de octubre). Alcaldía de Pereira avanza en la atención a las familias afectadas por las lluvias. <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/10576/alcaldia-de-pereira-avanza-en-la-atencion-a-las-familias-afectadas-por-las-lluvias/>
- Alcaldía de Pereira. (2025b, 19 de junio). Alcaldía de Pereira declara la calamidad pública por temporada de lluvias. <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/9866/alcaldia-de-pereira-declara-la-calamidad-publica-por-temporada-de-lluvias/>
- Alcaldía de Pereira. (2025c, 27 de mayo). La Alcaldía de Pereira sigue atenta ante la temporada de lluvias. <https://www.pereira.gov.co/publicaciones/9709/la-alcaldia-de-pereira-sigue-atenta-ante-la-temporada-de-lluvias/>
- Amatebelle, J., et al. (2025). GIS-based flood risk assessment for urban planning. *Journal of Environmental Management*, 320, 115–128.
- Banco Mundial. (2023). Perfil climático de Colombia. <https://www.worldbank.org>
- Camacol. (2025). Análisis del POT de Pereira y gestión del riesgo. Cámara Colombiana de la Construcción.
- Cheng, Y. (2024). Role of GIS in disaster risk reduction. *International Journal of Geospatial Studies*, 12(3), 45–59.
- Climate Central. (2024). Extreme rainfall and climate change. <https://www.climatecentral.org>
- Concejo de Pereira. (2011, 1 de agosto). POT Pereira: Acuerdo 35 de 2016 – revisión de largo plazo. <https://www.carder.gov.co/download/1-pot-pereira-acuerdo-035-2016-largo-plazo/>
- Heredia, P. (2023, 9 de agosto). RAC 91: Regulación drone en Colombia – IDC.
<https://idc.apddrones.com/regulacion/rac-91-regulacion-drone-en-colombia/>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

<https://www.ipcc.ch>

NASA. (2021). Climate change and precipitation patterns. <https://climate.nasa.gov>

Portal Geográfico del municipio de Pereira. (s. f.). <https://mapas-pereira.opendata.arcgis.com/>

Secretaría de Desarrollo Rural de Pereira. (2021, 3 de julio). Secretaría rural [Página web].

<https://www.pereira.gov.co/publicaciones/935/secretaria-rural/>

Enlace de Video

<https://youtu.be/poJrawKf7-k>